

---

**Обчислювальні методи в радіoeлектроніці**

---

УДК 004.942+621.396.967

**ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ  
АЛГОРИТМІВ ПОВЕДІНКИ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ  
КОМПЛЕКСІВ<sup>1</sup>*****Волочій Б. Ю., д.т.н., проф.; Озірковський Л. Д., к.т.н., доц.;******Шкілюк О. П., аспірант; Мащак А. В., аспірант.****Національний університет "Львівська політехніка", кафедра теоретичної  
радіотехніки та радіовимірювань, м.Львів, Україна,  
shkiliuk@gmail.com***COMPARISON OF METHODS FOR EFFICIENCY INDEXES ESTIMATION OF  
BEHAVIOR ALGORITHMS OF RADIOELECTRONIC COMPLEX SYSTEMS*****Volochiy B. Yu., Doctor of Engineering, Professor; Ozirkovskyi L. D., PhD, Associate  
Professor; Shkiliuk O. P., Postgraduate; Mashchak A. V., Postgraduate.****Lviv Polytechnic National University, Department of Theoretical Radioengineering  
and Radiomeasuring, Lviv, Ukraine,***Вступ**

На етапі системотехнічного проектування радіoeлектронних комплексів (РЕК) актуальною задачею є визначення показників його ефективності ще до моменту практичної реалізації прототипу РЕК. Таку задачу можна вирішувати на основі алгоритму поведінки РЕК. Наразі існує ряд підходів, призначених для вирішення окремих аспектів цієї задачі, однак в цілому дана задача вирішується за допомогою моделі алгоритму поведінки РЕК. Алгоритм поведінки (АП) – це формалізоване представлення логіки використання інформації від систем РЕК при виконанні поставленого завдання і складається з послідовності процедур. Алгоритм поведінки РЕК характеризується часовою і функціональною надлишковістю та обмеженням на тривалість виконання завдання.

Таким чином, невирішеною раніше частиною загальної проблеми визначення показників ефективності РЕК, а саме визначення ймовірності та середнього значення тривалості успішного виконання завдання, є задача розробки методу побудови математичних моделей АП РЕК, який би не потребував перебудови початкової блок-схеми АП у якусь іншу форму, враховував строго визначену кількість циклів у алгоритмі та нормував середнє значення тривалості успішного виконання алгоритму за ймовірністю його правильного виконання.

В цьому напрямку нами було запропоновано метод схеми шляхів [1], за яким ця задача була вирішена. Однак невирішеною задачею залишалася

---

<sup>1</sup> Електронний варіант статті: <http://radar.kpi.ua/index.php/radiotechnique/article/view/829>

перевірка достовірності отримуваних результатів, для чого необхідно було здійснити їх порівняння з результатами, які одержуються відомими методами. Відповідно до невирішених раніше частин загальної проблеми цілями статті є порівняння методів оцінки показників ефективності АП РЕК.

Огляд відомих методів побудови математичних моделей алгоритмів поведінки

Для оцінювання показників ефективності АП РЕК сьогодні найбільш вживаними є логіко-імовірнісні та марковські моделі.

В монографії [2] для моделювання зовнішньої (функціональної) і внутрішньої (надійнісної) поведінки РЕК пропонується мова алгоритмічних алгебр (МАО), яка є різновидом логіко-імовірнісного моделювання. В даному підході використовуються канонічні регулярні форми алгоритмів (лінійна, диз'юнктивна, ітеративна та паралельна), які дозволяють змоделювати практично будь-який АП. Модель АП з використанням МАО будується шляхом формування логічних виразів, сукупність яких дає змогу отримати модель АП у вигляді логічної функції. Для цього блок-схему АП необхідно перебудувати у деревовидну форму, що є окремою трудомісткою задачею, а внесення незначних змін в структуру АП вимагає повної перебудови моделі.

У статті [3] представлено використання методу простору станів для побудови моделі АП РЕК у вигляді графу станів та переходів. Для автоматизованої побудови графу станів та переходів необхідно згідно [4] побудувати структурно-автоматну модель – формалізоване представлення структури і поведінки РЕК. Ця модель є вхідними даними для програмного модуля ASNA [5], який генерує граф станів та переходів та формує аналітичну модель у вигляді системи лінійних диференціальних рівнянь Колмогорова - Чепмена. Недоліком даного підходу є велика розмірність, жорсткість і розрідженість системи диференціальних рівнянь та неможливість нормування середнього значення тривалості успішного виконання АП за ймовірністю його успішного виконання.

Побудова моделі АП за методом схеми шляхів [1] потребує лише побудови схеми шляхів, яка формується безпосередньо з блок-схеми заданого АП. На основі схеми шляхів формуються вирази для обчислення показників ефективності АП РЕК.

### **Тестовий алгоритм пошуку, виявлення і захоплення цілей РЕК моніторингу повітряного простору для порівняння методів побудови математичних моделей**

Для порівняння методів у якості тестового використано алгоритм пошуку, виявлення і захоплення цілей РЕК моніторингу повітряного простору. Операційні блоки (ОБ) АП відображають функції систем, які входять в склад РЕК. Тривалість виконання кожної функції є випадковою величиною і відображається в моделі середнім значенням  $T_{\text{сер}}$ . Перевірочні блоки, які

відображають зміну режиму роботи РЕК в процесі виконання задачі, поділяються на два типи: стохастичний блок альтернативного переходу і детермінований блок умовного переходу. Стохастичний блок альтернативного переходу характеризується ймовірностями виконання (невиконання) системою РЕК своєї функції ( $p, q = 1 - p$ ). Детермінований блок умовного переходу характеризується ймовірностями ( $p = 1, q = 0$ ), якщо виконується умова перевірки блоку, та ймовірностями ( $p = 0, q = 1$ ) в протилежному випадку. Завдяки цьому, детерміновані блоки умовного переходу дають змогу врахувати в моделі особливості сценарію використання програмного забезпечення, а стохастичні блоки альтернативного переходу – надійність апаратних засобів та програмного забезпечення.

Представлений таким чином тестовий алгоритм пошуку, виявлення і захоплення цілей РЕК моніторингу повітряного простору зображений на рис. 1, а його операційні та перевірочні блоки характеризуються такими параметрами:

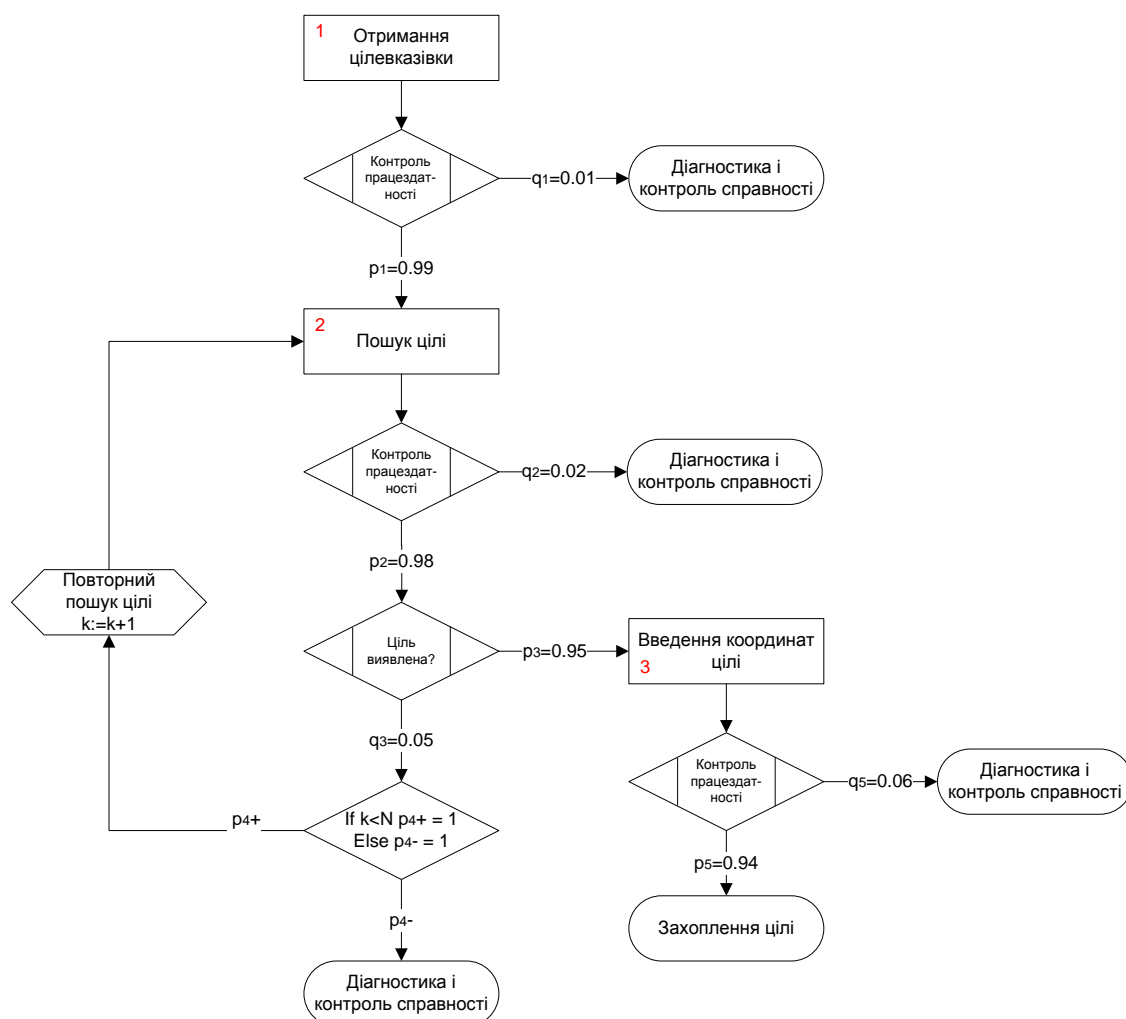


Рис. 1. Тестовий алгоритм пошуку, виявлення і захоплення цілі для РЕК моніторингу повітряного простору.

$T_1 = 1\text{ с}$  – середнє значення тривалості отримання цілевказівки ОБ<sub>1</sub> “Отримання цілевказівки”;

$T_2 = 2\text{ с}$  – середнє значення тривалості пошуку цілі ОБ<sub>2</sub> “Пошук цілі”;

$T_3 = 3\text{ с}$  – середнє значення тривалості введення координат цілі ОБ<sub>3</sub> “Введення координат цілі”;

$N = 2$  – кількість повторень циклу пошуку цілей;

$p_1 = 0.99$  – ймовірність переходу з ОБ<sub>1</sub> “Отримання цілевказівки” через стохастичний блок альтернативного переходу “Контроль працездатності” в ОБ<sub>2</sub> “Пошук цілі”;

$q_1 = 1 - p_1$  – ймовірність переходу з ОБ<sub>1</sub> “Отримання цілевказівки” через стохастичний блок альтернативного переходу “Контроль працездатності” в завершуючий ОБ “Діагностика і контроль справності”;

$p_2 = 0.98$  – ймовірність переходу з ОБ<sub>2</sub> “Пошук цілі” через стохастичний блок альтернативного переходу “Контроль працездатності” в стохастичний блок альтернативного переходу “Ціль виявлена?”;

$q_2 = 1 - p_2$  – ймовірність переходу з ОБ<sub>2</sub> “Пошук цілі” через стохастичний блок альтернативного переходу “Контроль працездатності” в завершуючий ОБ “Діагностика і контроль справності”;

$p_3 = 0.95$  – ймовірність переходу з стохастичного блоку альтернативного переходу “Ціль виявлена?” в ОБ<sub>3</sub> “Введення координат цілі”;

$q_3 = 1 - p_3$  – ймовірність переходу з стохастичного блоку альтернативного переходу “Ціль виявлена?” в детермінований блок умовного переходу – блок перевірки умови виконання циклу;

$p_4^+ = 1$  – ймовірність переходу з блоку перевірки умови виконання циклу через лічильник кількості виконань ОБ<sub>2</sub> “Пошук цілі”, якщо умова істинна;

$p_4^- = 1$  – ймовірність переходу з блоку перевірки умови виконання циклу в завершуючий ОБ “Діагностика і контроль справності”, якщо умова хибна;

$p_5 = 0.94$  – ймовірність переходу з ОБ<sub>3</sub> “Введення координат цілі” через стохастичний блок альтернативного переходу “Контроль працездатності” в завершуючий ОБ “Захоплення цілі”;

$q_5 = 1 - p_5$  – ймовірність переходу з ОБ<sub>3</sub> “Введення координат цілі” через стохастичний блок альтернативного переходу “Контроль працездатності” в завершуючий ОБ “Діагностика і контроль справності”.

### **Побудова математичних моделей АП для порівняння методів оцінки його показників ефективності**

Для порівняння методів оцінки показників ефективності АП використано тестовий алгоритм, представлений на рис. 1, для якого було побудо-

вано моделі: марковську (результати для якої були отримані чисельним та аналітичним методами розв'язку системи лінійних диференційних рівнянь Колмогорова-Чепмена), дві – методом МАА (для ітеративної та диз'юнктивної регулярних форм) та одну – методом схеми шляхів.

Метою дослідження було визначення різними методами і порівняння отриманих значень ймовірності успішного виконання –  $p_{yB}$  та середнього значення тривалості виконання –  $T_{yB}$  тестового АП.

### Побудова моделі АП методом простору станів.

Модель тестового АП методом простору станів будується з використанням технології [3] і методики [2], що передбачає створення структурно-автоматної моделі для генерації графу станів та переходів і формування на його основі аналітичної моделі. Розроблена математична модель тестового алгоритму пошуку, виявлення і захоплення цілі представлена графом з 13 станами та 16 переходами (рис. 2) і системою лінійних диференційних рівнянь Колмогорова - Чепмена 13-го порядку (1).

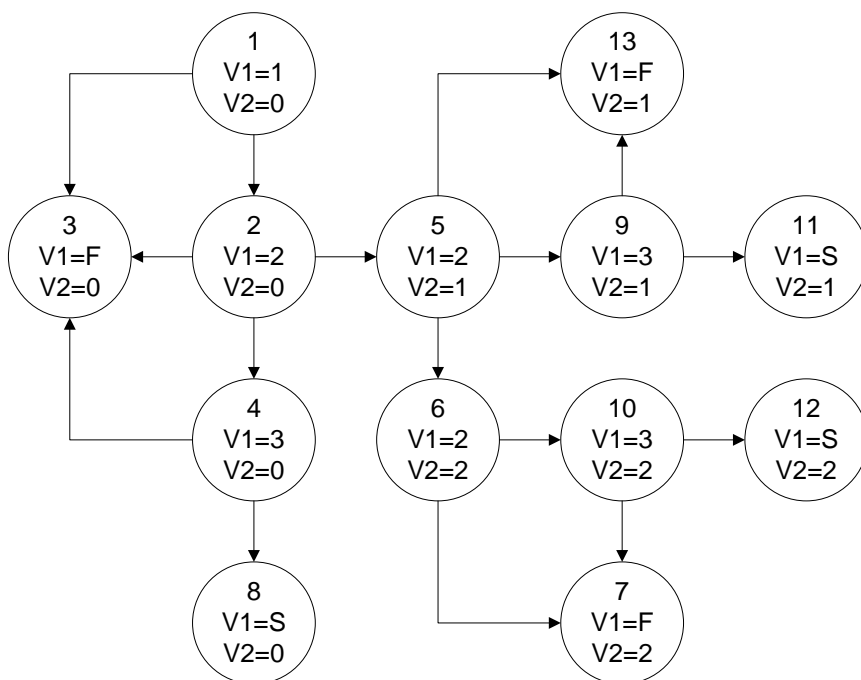


Рис. 2. Граф станів та переходів алгоритм пошуку, виявлення і захоплення цілі.

Використавши методику [2], було визначено показники ефективності АП РЕК моніторингу повітряного простору: ймовірність успішного виконання АП –  $p_{yB}$  та середнє значення тривалості виконання АП –  $T_{yB}$ .

Розв'язавши систему лінійних диференційних рівнянь (1) адаптивним чисельним методом Рунге - Кутта, було отримано показники ефективності:  $p_{yB} = 0.91251$ ;  $T_{yB} = 5.9956$  с.

$$\begin{aligned}
 \frac{dP_1(t)}{dt} &= -\lambda_{2,1}P_2(t) - \lambda_{3,1}P_3(t) \\
 \frac{dP_2(t)}{dt} &= \lambda_{2,1}P_1(t) - \lambda_{3,2}P_3(t) - \lambda_{4,2}P_4(t) - \lambda_{5,2}P_5(t) \\
 \frac{dP_3(t)}{dt} &= \lambda_{3,1}P_1(t) + \lambda_{3,2}P_2(t) + \lambda_{3,4}P_4(t) \\
 \frac{dP_4(t)}{dt} &= \lambda_{4,2}P_2(t) - \lambda_{3,4}P_3(t) - \lambda_{8,4}P_8(t) \\
 \frac{dP_5(t)}{dt} &= \lambda_{5,2}P_2(t) - \lambda_{6,5}P_6(t) - \lambda_{9,5}P_9(t) - \lambda_{13,5}P_{13}(t) \\
 \frac{dP_6(t)}{dt} &= \lambda_{6,5}P_5(t) - \lambda_{7,6}P_7(t) - \lambda_{10,6}P_{10}(t) \\
 \frac{dP_7(t)}{dt} &= \lambda_{7,6}P_6(t) + \lambda_{7,10}P_{10}(t) \\
 \frac{dP_8(t)}{dt} &= \lambda_{8,4}P_4(t) \\
 \frac{dP_9(t)}{dt} &= \lambda_{9,5}P_5(t) - \lambda_{11,9}P_{11}(t) - \lambda_{13,9}P_{13}(t) \\
 \frac{dP_{10}(t)}{dt} &= \lambda_{10,6}P_6(t) - \lambda_{7,10}P_7(t) - \lambda_{12,10}P_{12}(t) \\
 \frac{dP_{11}(t)}{dt} &= \lambda_{11,9}P_9(t) \\
 \frac{dP_{12}(t)}{dt} &= \lambda_{12,10}P_{10}(t) \\
 \frac{dP_{13}(t)}{dt} &= \lambda_{13,5}P_5(t) + \lambda_{13,9}P_9(t)
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Якщо цю систему лінійних диференційних рівнянь (1) розв'язати аналітичним методом матричної експоненти, то отримаємо для заданих показників ефективності такі значення:  $p_{yB} = 0.91251$ ;  $T_{yB} = 5.9899$  с.

### Побудова моделі методом алгоритмічних алгебр.

Модель тестового АП методом алгоритмічних алгебр створено у відповідності до рекомендацій, приведених в [1]. Вхідними даними є:

$t_{A_1} = 1$  с – час виконання оператора  $A_1$  “Отримання цілевказівки”;

$P(A_1) = 0.99$  – ймовірність правильного виконання оператора  $A_1$

“Отримання цілевказівки” за час  $t_{A_1}$ ;

$t_{A_2} = 2 \text{ с}$  – час виконання оператора  $A_2$  “Пошук цілі”;

$P(A_2) = 0.98$  – ймовірність правильного виконання оператора  $A_2$  “Пошук цілі” за час  $t_{A_2}$ ;

$t_{A_3} = 3 \text{ с}$  – час виконання оператора  $A_3$  “Введення координат цілі”;

$P(A_3) = 0.94$  – ймовірність правильного виконання оператора  $A_3$  “Введення координат цілі” за час  $t_{A_3}$ ;

Модель з використанням ітеративної регулярної форми алгоритму має вигляд:

$$S = A_1 \cdot_{\alpha} \{A_2\} \cdot A_3 = A_1 \cdot D \cdot A_3, \quad (2)$$

де  $D =_{\alpha} \{A_2\}$  – ітеративна регулярна форма фрагменту алгоритму пошуку цілі;

$\alpha$  – логічна умови “Ціль виявлена”;

$p_{\alpha} = 0.95$  – ймовірність виконання логічної умови  $\alpha$  “Ціль виявлена”.

$$P(D) = \frac{p_{\alpha}}{1 - (1 - p_{\alpha}) \cdot P(A_2)} = \frac{0.95}{1 - 0.05 \cdot 0.98} = 0.9989.$$

$$p_{yB} = P(S) = P(A_1) \cdot P(D) \cdot P(A_3) = 0.99 \cdot 0.9989 \cdot 0.94 = 0.92957.$$

$$t_D = \frac{1 - p_{\alpha}}{p_{\alpha}} \cdot t_{A_2} = \frac{0.05}{0.95} \cdot 2 = 0.0526 \cdot 2 = 0.1052 \text{ с}.$$

$$T_{yB} = t_S = t_{A_1} + (t_{A_2} + t_D) + t_{A_3} = 1 + (2 + 0.1052) + 3 = 6.1052 \text{ с}.$$

$$\text{Отже, } p_{yB} = 0.92957; T_{yB} = 6.1052 \text{ с}.$$

Модель з використанням диз’юнктивної регулярної форми алгоритму має вигляд:

$$S = A_1 \cdot_{\alpha_0} (A_2 \vee_{\alpha_1} (A_2 \vee A_2)) \cdot A_3 = A_1 \cdot C \cdot A_3, \quad (3)$$

де  $C =_{\alpha_0} (A_2 \vee_{\alpha_1} (A_2 \vee A_2))$  – диз’юнктивна регулярна форма фрагменту алгоритму пошуку цілі;

$\alpha_0$  – логічна умова “Ціль виявлена з першого разу”, тобто цикл пошуку цілі повторно не виконувався;

$\alpha_1$  – логічна умова “Ціль виявлена з другого разу”, тобто цикл пошуку цілі виконався повторно один раз;

$p_{\alpha_0} = 0.95$  – ймовірність виконання логічної умови  $\alpha_0$  “Ціль виявлена

з першого разу”;

$p_{\alpha 1} = 0.0475$  – ймовірність виконання логічної умови  $\alpha_1$  “Ціль виявлена з другого разу”.

$$\begin{aligned} P(C) &= p_{\alpha 0} \cdot P(A_2) + (1 - p_{\alpha 0}) \cdot p_{\alpha 1} \cdot P(A_2) + (1 - p_{\alpha 0}) \cdot (1 - p_{\alpha 1}) \cdot \\ &\cdot P(A_2) = 0.95 \cdot 0.98 + 0.05 \cdot 0.0475 \cdot 0.98 + 0.05 \cdot 0.9525 \cdot 0.98 = \\ &= 0.931 + 0.0023 + 0.0467 = 0.98. \end{aligned}$$

$$p_{yB} = P(S) = P(A_1) \cdot P(C) \cdot P(A_3) = 0.99 \cdot 0.98 \cdot 0.94 = 0.91199.$$

$$\begin{aligned} t_C &= p_{\alpha 0} \cdot T_2 + p_{\alpha 1} \cdot (1 - p_{\alpha 0}) \cdot T_2 + (1 - p_{\alpha 0}) \cdot (1 - p_{\alpha 1}) \cdot T_2 = \\ &= 0.95 \cdot 2 + 0.0475 \cdot 0.05 \cdot 2 + 0.05 \cdot 0.9525 \cdot 2 = \\ &= 1.9 + 0.00475 + 0.09525 = 2 \text{ с.} \end{aligned}$$

$$T_{yB} = t_S = t_{A_1} + t_C + t_{A_2} = 1 + 2 + 3 = 6 \text{ с.}$$

Отже, ймовірність успішного виконання АП і його середнє значення тривалості відповідно дорівнюють  $p_{yB} = 0.91199$ ;  $T_{yB} = 6 \text{ с.}$

### **Побудова моделі методом схеми шляхів**

Для побудови моделі АП методом схеми шляхів було визначено ймовірності існування переходів між функціональними блоками (ФБ) [5]:

$p(L_{12}) = p_1 = 0.99$  – ймовірність переходу з ФБ<sub>1</sub> “Отримання цілевказівки” в ФБ<sub>2</sub> “Пошук цілі”;

$p(L_{1F}) = q_1 = 0.01$  – ймовірність переходу з ФБ<sub>1</sub> “Отримання цілевказівки” в завершуючий ФБ “Діагностика і контроль справності”;

$p(L_{23}) = p_2 \cdot p_3 = 0.98 \cdot 0.95$  – ймовірність переходу з ФБ<sub>2</sub> “Пошук цілі” в ФБ<sub>3</sub> “Введення координат цілі”;

$p(T_2) = p_2 \cdot q_3 \cdot p_4 = 0.98 \cdot 0.05 \cdot 1$  – ймовірність повторного виконання ФБ<sub>2</sub> “Пошук цілі”, якщо лічильник кількості циклів не перевищує допустимого значення;

$p(L_{2F}) = p_2 \cdot q_3 \cdot q_4 = 0.98 \cdot 0.05 \cdot 1$  – ймовірність переходу з ФБ<sub>2</sub> “Пошук цілі” в завершуючий ФБ “Діагностика і контроль справності”, якщо лічильник кількості циклів досягнув допустимого значення;

$p(L_{3S}) = p_5 = 0.94$  – ймовірність переходу з ФБ<sub>3</sub> “Введення координат цілі” в завершуючий ФБ “Захоплення цілі”;

$p(L_{3F}) = q_5 = 0.06$  – ймовірність переходу з ФБ<sub>3</sub> “Введення координат цілі” в завершуючий ФБ “Діагностика і контроль справності”.

Модель АП, побудовану методом схеми шляхів у формі виразу проходження найдовшого шляху від початку до кінця з врахуванням кількості циклів виконання АП:



$$p_k(S_{yB}) = p(L_{12}) \cdot (p(\Phi B_2))^{N(\Phi B_2)} \cdot p(L_{23}) \cdot p(L_{3S}), \quad (4)$$

$$T_k(S_{yB}) = T_1 + (N(\Phi B_2) + 1) \cdot T_2 + T_3, \quad (5)$$

$$p(S_{yB}) = \sum_{k=1}^K p_k(S_{yB}), \quad (6)$$

$$T(S_{yB}) = \frac{1}{p(S_{yB})} \sum_{k=1}^K (p_k(S_{SP}) \cdot T_k(S_{SP})). \quad (7)$$

Здійснивши розрахунок за формулами (4 - 7), отримано значення показників ефективності РЕК моніторингу повітряного простору:  $p_{yB} = 0.91092$ ;  $T_{yB} = 6.1023$  с.

Результати обчислень показників ефективності тестового АП, отриманих за допомогою чотирьох математичних моделей приведено у табл. 1.

Таблиця 1

Показники ефективності тестового алгоритму поведінки

Методи проектування моделі АП РЕК для оцінки показників ефективності АП		Імовірність успішного виконання АП $p_{yB}$	Середнє значення тривалості успішного виконання АП $T_{yB}$ , с	Можливість нормування $T_{yB}$ за $p_{yB}$
Метод простору станів	чисельний метод Рунге – Кутта	0.91251	5.9956	ні
	аналітичний метод матричної експоненти	0.91251	5.9899	ні
Метод алгоритмічних алгебр	ітеративний регулярний алгоритм	0.92957	6.1052	так
	диз'юнктивний регулярний алгоритм	0.91199	6	ні
Метод схеми шляхів	—	0.91092	6.1023	так

### Висновки

За результатами досліджень встановлено, що модель алгоритму поведінки, побудована за методом схеми шляхів, дає значення показників ефективності АП, співмірні з марковською та логіко-імовірнісною моделями.

На відміну від методу, викладеному в [2], модель, отримана за методом схеми шляхів, не потребує перебудови АП у деревовидну структуру та використання канонічних регулярних форм, а на відміну від методу, викладеному в [3], — створення структурно-автоматної моделі. Схема шляхів формується безпосередньо за заданим АП, що в разі скорочує затрати часу на побудову його моделі і відповідно на визначення показників його ефективності. Ступінь формалізації методики побудови моделей алгоритмів поведінки РЕК за методом схеми шляхів є суттєво вищим, ніж у відомих методах, що дає змогу автоматизувати цей процес.

**Перелік посилань**

1. Волочій Б. Ю. Метод аналізу ефективності алгоритмів поведінки радіоелектронних комплексів відповідального призначення / Б. Ю. Волочій, Л. Д. Озірковський, О. П. Шкілюк, А. В. Мащак // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2014. – №6 (70). – С. 130–134.
2. Сафонов И. В. Надежное проектирование алгоритмов управления / И. В. Сафонов. – Владивосток : ВИНТИ, 1982. – 157 с.
3. Волочій Б. Ю. Методика оцінки показників ефективності радіоелектронного комплексу моніторингу повітряного простору / Б. Ю. Волочій, Л. Д. Озірковський, О. П. Шкілюк, А. В. Мащак // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Радіоелектроніка та телекомунікації. – 2013. – № 766. – С. 192–201.
4. Волочій Б. Ю. Технологія моделювання алгоритмів поведінки інформаційних систем / Б. Ю. Волочій. – Львів : Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2004. – 220 с.
5. Volochiy B. Extending the Features of Software for Reliability Analysis of Fault-tolerant Systems / B. Volochiy, B. Mandziy, L. Ozirkovskiy // Computational Problems of Electrical Engineering. – 2012. – Vol. 2, No. 2. – P.113–121.

**References**

1. Volochiy B. Yu., Ozirkovskiy L. D., Shkiliuk O.P. and Mashchak A.V. (2014) Method of efficiency analysis of behavior algorithms of radio electronic complex system for critical applications. *Radioelektronni i komp'uterni sistemi*. No 6 (70), pp. 130–134.
2. Safonov I. V. (1982) *Nadezhnostnoe proektirovanie algoritmov upravleniya* [Design of Control Algorithms]. Vladivostok, VINITI, 157 p.
3. Volochiy B. Yu., Ozirkovskiy L. D., Shkiliuk O. P. and Mashchak A. V. (2013) Method of estimation of indexes of efficiency of the radioelectronic complex system monitoring of air space. *Visnyk Natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhnika": Radioelektronika ta telekomunikatsiyi*. No 766, pp. 192–201.
4. Volochiy B. Yu. (2004) *Tekhnolohiia modeliuvannia alhorytmiv povedinky informatsiinykh system* [Technology modeling of Algorithm behavior of Information Systems]. Lviv, Vydavnytstvo Natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhnika", 220 p.
5. Volochiy B., Mandziy B. and Ozirkovskiy L. (2012) Extending the Features of Software for Reliability Analysis of Fault-tolerant Systems. *Computational Problems of Electrical Engineering*. Vol. 2, No. 2, pp.113–121.

Волочій Б. Ю., Озірковський Л. Д., Шкілюк О. П., Мащак А. В. **Порівняння методів для визначення показників ефективності алгоритмів поведінки радіоелектронних комплексів.** В роботі представлено результати порівняння показників ефективності алгоритму поведінки радіоелектронного комплексу, отриманих двома відомими методами (методом простору станів та методом алгоритмічних алгебр) і новим методом схеми шляхів. Для тестового алгоритму поведінки було побудовано чотири математичні моделі та визначено його показники ефективності. В результаті дослідження встановлено, що модель, побудована за методом схеми шляхів, дає значення показників ефективності алгоритму поведінки, співмірні з марковською та логіко-імовірнісною моделями.

**Ключові слова:** алгоритм поведінки, метод схеми шляхів, метод простору станів, метод алгоритмічних алгебр, радіоелектронний комплекс.

Волочий Б. Ю., Озирковский Л. Д., Шкилюк А. П., Мащак А. В. **Сравнение методов для определения показателей эффективности алгоритмов поведения радиоэлектронных комплексов.** В работе представлены результаты сравнения показателей эффективности алгоритма поведения радиоэлектронного комплекса, полученных двумя известными методами (методом пространства состояний и методом алгоритмических алгебр) и новым методом схемы путей. Для тестового алгоритма поведения было построено четыре математические модели и определены его показатели эффективности. В результате исследования установлено, что модель, построенная по методу схемы путей, дает значения показателей эффективности алгоритма поведения, соизмеримые с марковской и логико-вероятностной моделями.

**Ключевые слова:** алгоритм поведения, метод схемы путей, метод пространства состояний, метод алгоритмических алгебр, радиоэлектронный комплекс.

Volochiy B. Yu., Ozirkovsky L. D., Shkiliuk O. P., Mashchak A. V. *Comparison of Methods for Efficiency Indexes Estimation of Behavior Algorithms of Radioelectronic Complex Systems.*

Introduction. Nowadays it is actual task to provide the necessary efficiency indexes of radioelectronic complex system by its behavior algorithm design. There are several methods using for solving this task, intercomparison of which is required.

Main part. For behavior algorithm of radioelectronic complex system four mathematical models were built by two known methods (the space of states method and the algorithmic algebras method) and new scheme of paths method. Scheme of paths is compact representation of the radioelectronic complex system's behavior and it is easily and directly formed from the behavior algorithm's flowchart. Efficiency indexes of tested behavior algorithm – probability and mean time value of successful performance – were obtained. The intercomparison of estimated results was carried out.

Conclusion. The model of behavior algorithm, which was constructed using scheme of paths method, gives commensurate values of efficiency indexes in comparison with mathematical models of the same behavior algorithm, which were obtained by space of states and algorithmic algebras methods.

**Keywords:** behavior algorithm, scheme of paths method, space of states method, algorithmic algebras method, radioelectronic complex systems.